

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1981:95

KOKEMÄENJOEN JÄRJESTELY
SUUOSAN PENGERRYKSEN JA RUOPPAUSMASSO-
JEN HAPPAAMOTTAVISTA VAIKUTUKSISTA

Helmi Kotilainen

~~41~~
~~VESIHAL-~~
~~TUKSEN~~

V E S I H A L L I T U K S E N M O N I S T E S A R J A

1981:95

KOKEMÄENJOEN JÄRJESTELY
SUUOSAN PENGERRYKS- JA RUOPPAUSMASSO-
JEN HAPPAIMOITTAVISTA VAIKUTUKSISTA

Helmi Kotilainen



Turun vesipiirin vesitoimisto

Turku 1981

KOKEMÄENJOEN JÄRJESTELY
SUUOSAN PENGERRYKSEN- JA RUOPPAUSMASSOJEN HAPPAAMOTTAVISTA
VAIKUTUKSISTA

		Sivu
1	JOHDANTO	2
2	RANNIKKOALUEITTEN SAVIEN OMINAISUUKSIA	2
	2.1 Yleisiä ominaisuuksia	2
	2.2 Rikin esiintymismuodot ja muutostapahtumat litorinamaissa	3
	2.3 Alunasuolat litorinamaissa	4
3	KOEJÄRJESTELYT	4
4	TULOKSET	5
5	TULOSTEN TARKASTELUA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	7
6	YHTEENVETO	13
	KIRJALLISUUS	15

1 JOHDANTO

Kokemäenjoen suuosan pengerrys- ja ruoppaushankkeeseen sisältyvän Raumanjuopan ruoppauksen vesistövaikutuksiin liittyvänä tutkimuksena Turun vesipiirin vesitoimisto selvitti keväällä 1980 ruopattavan ja pengerrettävän maan mahdollisia happamoittavia vaikutuksia. Tätä varten Kokemäenjoen Raumanjuopasta otettiin 19 maanäytettä kahtena sarjana vesihallituksesta annettujen ohjeiden mukaan. Näytteenottopisteet on merkitty liitteenä olevaan karttaan. Paalunumerointi on jokipaalutuksen mukainen.

Vesitoimiston laboratoriossa maanäytteistä määritettiin orgaanisen ja epäorgaanisen aineen suhde, mitattiin pH ja sähkönjohtavuus, sekä selvitettiin maan laatua. Turun yliopiston maaperägeologian laitoksella tehtiin osasta näytteitä piileväanalyysit. Tarkoituksena oli selvittää olivatko savet Ancy-lus- vai Litorina-savia.

Tulokset vesitoimiston suorittamista analyyseistä on taulukoitettu. Maaperägeologian laitokselta saatu raportti piileväanalyyseistä on liitteenä.

2 RANNIKKOALUEITTEN SAVIEN OMINAISUUKSIA

2.1 YLEISIÄ OMINAISUUKSIA

Rannikkoseudun savissa päällimmäisenä on Litorina-patja. Sen paksuus vaihtelee tutkituilla alueilla 1,5-2 metriin (Lindroos, Niemelä 1969). Litorinamaille on tyypillistä korkea orgaanisen aineksen pitoisuus, suuri elektrolyyttien määrä ja siten korkea sähkönjohtavuus, runsas rikin määrä ja alhainen pH hapatuneissa kerroksissa. Sisältämänsä suuren orgaanisten ainesten määrän vuoksi nämä maat kuuluvat usein liejuihin tai ainakin liejuisiin maalajeihin. Näiden alhainen pH johtuu rikistä eri reaktioiden kautta muodostuvasta vapaasta rikkihaposta. Maas-

totutkimuksessa litorinamaiden varmana tuntomerkkinä on pidetty myös pohjaveden pinnan alapuolelta, anaerobisesta tilasta otetun näytteen tummanharmaata tai mustaa väriä, minä maalle antaa rautasulfidi.

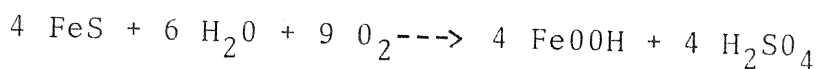
Litorina-patjan alapuolella rannikkoseudulla on havaittu Ancyclus-patja. Sen savi on kuivana vaalean harmaata ja heikosti sulfidipitoista. Ancyclus-patjan sähkönjohtavuusarvot ovat n. 5-6 kertaa pienemmät kuin sen päällä olevan Litorina patjan. Ancyclus-savet eivät kutistu kuivuessaan.

2.2 RIKIN ESIINTYMISMUODOT JA MUUTOSTAPAHTUMAT LITORINAMAISIA

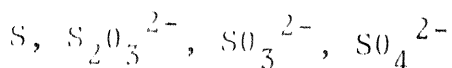
Rikki on alunperin lähtöisin kallioperästä, josta se on huuhtoutunut meriveteen ja joutunut edelleen merieliöstön kudoksiin rikastuneena litorinakauden merenpohjasedimentteihin. Bakteerien toiminnan tuloksena osa orgaanisesti sitoutuneesta rikistä on vapautunut ja hapettomissa oloissa rikki on jäänyt sulfidimuotoon, mikä raudan läsnäollessa merkitsee FeS - ja FeS_2 - yhdisteitä (Vaasan vesipiirin vesitöimistö 1973).

Olosuhteiden muuttuessa esim. ojitusten, ruoppausten tai pohjaveden muun laskun yhteydessä hapettuneiksi rikin hapettuminen tapahtuu rikkibakteerien vaikutuksesta sekä puhtaasti kemiallisena reaktiona. Eräiden tutkimusten mukaan kolmas osa rikistä hapettuu sulfaatiksi kemiallista kautta (Willander, Hallgren, Jonsson 1950).

Koko tapahtuma voidaan kiteyttää reaktiokaavaan:



Reaktiossa voivat välivaiheessa esiintyä rikin seuraavat hapetusmuodot:



Rikki esiintyy maaperässä paitsi maan hapetus-pelkistysasteesta ja pH:sta riippuvana epäorgaanisen rikin eri muotoina myös eloperäiseen ainekseen humukseen sitoutuneena (orgaanisena) rikkinä. Purokoski (1956) on tehnyt tutkimuksen rikkimuotojen prosenttisesta osuudesta maaperän eri kerroksissa (Purokoski/1956).

	S^{2-}	SO_4^{2-}	Org.S	Alkuaine S	Yht.
Kyntökerros	0	56	42	2	100
Jankko	1	66	28	5	100
Pohjamaa	29	4	48	19	100

Purokoski (1958) on tutkimut anaerobisista oloista otettua, laboratoriossa kosteana pidetyssä maassa tapahtuvaa rikin hapettumista ajan funktiona. Tutkimuksissa havaittiin sulfidirikin hapettuvan täydellisesti noin kuukaudessa. Samalla maan pH-arvo laski tyypillisen litorinamaan tasolle pH 3-4:ään.

2.3 ALUNASUOLAT LITORINAMAISIA

Litorinamaa sisältää runsaasti ns. alunasuolaa. Näiden kemiallinen rakenne on melko monimutkainen. Siinä on 1- ja 3-arvoisen metallikationi yhtynyt kahteen sulfaatti-ioniin muodostaen kiteisen yhdisteen, $M^1M^3(SO_4)_2 \times 12 H_2O$. Tässä alunoiden yleisessä kaavassa M^1 voi olla esim. Na^+ , K^+ tai NH_4^{+2} ja M^3 : Al^{3+} , Fe^{3+} tai Mn^{3+} (Antikainen, P.J. 1971).

Saven pinnassa vaalea härme on kiteytynyttä alunasuolaa, joka liukenee helposti maan kastuessa.

3 K O E J Ä R J E S T E L Y T

Selvitettäessä Raumanjuopan ruoppauksen vesistövaikutuksia vesitoimistossa pyrittiin jäljittelemään luonnossa tapahtuvaa hapettumista. Näytteitä selostettiin lähes 3 kk ja pidettiin kosteana laboratorihuoneilmassa muovirasioissa. Näytteistä määritettiin maan pH ja sähkönjohtavuus määrääjoin. pH-määri-

tyksestä pyrittiin saamaan selville sulfidin hapettumisen nopeus näytteessä ja lopullinen pH sen jälkeen kun kaikki sulfidi olisi hapettunut. Kokeen puutteena oli se, että näyttemäärä oli suhteellisen pieni, jolloin näyte helposti pääsi kuivumaan kokonaan esim. viikonlopun aikana. Myöskään huuhtoutumista maasta ei päässyt tapahtumaan, koska hapettuminen tapahtui seinämällisissä muoviastioissa. Nestevirtauksen näytteessä voitiin ajatella tapahtuneen alhaalta ylöspäin, jolloin sulfaatit kiteytyvät maan pintaan alunasuoloina. Kun näytettä taas kasteltiin, suolat liukenivat alaspäin.

Maanäytteiden pH ja sähkönjohtavuus määritettiin tislattuun veteen sekoitetusta ja yön yli seisotetusta näytteestä uuttosuhteen ollessa 1:2,5. Maan orgaanisen aineen määrä mitattiin haihdutus-hehkutus-menetelmällä.

4 T U L O K S E T

Tutkimustulokset esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Maaperänäytteistä tehtyjen analyysien tulokset

N:o	Näyte	Määritys	Tutkimusajankohta						
			1980				1981		
			3.4	10.4	18.6	27.6	9.12	30.12	18.1
1.	PNo 0+00	pH	5,4	5,5	6,4	4,1			
	Laiskaränni	sähkönjoht mS/m	45,2	81,0	104,0	60,1			
	Taso - 2,00 m	org. ainesta %	1,9						
	joen keskikohdasta	piilevä-analyysi	Ancylus-savea						
2.	PNo 0+00	pH	7,5	7,3	3,6	6,6			
	Laiskaränni	sähkönjoht mS/m	73,0	91,5	91,0	50,2			
	Taso - 3,00 m	org. ainesta %	1,0						
	joen keskikohdasta	piilevä-analyysi	Ancylus-savea						
3.	PNo 7+00	pH					6,4	5,9	4,8
	00+0,30	sähkönjoht mS/m					79,0	83,0	56,0
	300 m vasemmalle	org. ainesta					3,7		
	suunn. ruoppausallasalue								
4.	PNo 9+00	pH					6,3	4,6	4,8
	0,00 - 0,30 m	sähkönjoht mS/m					39,0	118	20,4
	350 m vasemmalle	org. ainesta %					3,3		
	suunn. ruoppausallasalue								
5.	PNo 9+00	pH					6,4	3,9	3,6
	0,70-1,00	sähkönjoht mS/m					76,0	133	395
	350 m vasemmalle	org. ainesta %					4,4		
	suunn. ruoppausallasalue								

N:o Näyte	Määritys	Tutkimusajankohta						
		3.4	10.4	18.6	27.6	9.12	30.12	1981 18.1
6. PNo 10+00 Taso - 3,00 m	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %					6,5 51,0 1,3	6,1 31,2	6,7 46,0
7. PNo 10+00 Taso - 4,00 m	pH org. ainesta %					5,4 1,0	4,5	4,9
8. PNo 14+00 Taso - 2,50 m	pH org. ainesta %					6,9 2,8	4,9	3,8
9. PNo 14+00 Taso - 4,00 m	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %					6,9 70,0 2,9	4,2 184	3,4 54,0
10. PNo 18+00 Taso - 2,70 m	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %					6,6 34,0 1,2	6,4 35,8	6,5 47,0
11. PNo 18+00 Taso - 4,00 m	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %					7,3 54,5 1,2	6,9 32,0	7,3 46,0
12. PNo 48+00 Taso - 3,00 m joen oikea reuna	pH sähkönjoht mS/m	7,9 307	7,8 535	6,6 426	6,2 108			
13. PNo 48+00 Taso - 4,00 m 15 m oikealle joen keskikohdasta	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta % piilevä-analyysi	8,0 198 4,2	7,9 210	3,6 190	4,0 110			
14. PNo 50+00 Taso - 3,00 m joen keskikohdasta	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %	7,0 37,6 0,9	3,9 132	3,5 45,3	3,9 65,8			
15. PNo 50+00 Taso - 3,00 m 15 m oikealle joen keskikohdasta	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %	5,4 19,3 0,8	5,0 52,8	4,0 40,8	4,4 29,8			
16. PNo 68+00 Taso - 3,00 m 15 m oikealle joen keskikohdasta	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta %	6,9 168 4,1	6,8 270	3,9 245	4,2 168			
17. PNo 68+00 Taso - 3,00-3,50 m joen keskikohdasta	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta	7,1 184 4,2	6,4 214	4,2 186	4,2 153			
18. PNo 68+00 Taso - 4,00 m 15 m oikealle joen keskikohdasta	pH sähkönjoht mS/m org. ainesta % piilevä-analyysi	6,9 398 4,5	6,5 356	4,6 300	4,5 137			
19. Ruoppauslietettä 70 m putken suulta	pH org. ainesta %					5,8 1,3	3,8	4,6

5

T U L O S T E N T A R K A S T E L U A J A J O H T O - P Ä Ä T Ö K S I Ä

Vesitoimiston ottamista näytteistä pH:ta mitattiin määräajoin. Happamuus laski suurimmassa osassa näytteitä ainakin kokeen jossain vaiheessa tyypillisen Litorinamaan alueelle, pH 3-4:ään. Jossakin näytteissä havaittiin kokeen lopussa lievää nousua pH-arvoissa.

Sähkönjohtavuustuloksia tarkasteltaessa ainakin paaluilta 68+00 ja 48+00 kaikista tasoista mitatut arvot viittaavat Litorina-saveen. Paaluilta 50+00, 18+00, 10+00 ja 0+00 kaikilta tasoilta mitatut arvot ovat taas Ancyclus-saville tyypillisiä.

Piileväanalyysitulokset osoittavat savien alkuperästä seuraavaa: Paaluilta 68+00 ja 48+00 otetut näytteet sisältävät runsaasti suolaisen ja murtoveden lajeja osoittavan saven olevan Litorina-savea. Paalulta 0+00 tasolla - 3 m lajisto on Ancyclus-saville tyypillinen. Tasolla - 2 m on todettu molempien savipatjojen tyypillisiä lajeja.

Orgaanisen aineen määrän perusteella näytteet kaikilta tasoilta paaluilta 68+00, 48+00 ja 14+00 viittaavat Litorina-patjaan ja 50+00, 18+00, 10+00 ja 0+00 Ancyclus-patjaan.

Joen pohjasedimenttien lisäksi tutkittiin neljä maanäytettä suunnitellulta läjitysalueelta. Näissä peltomaiden pintakerroksissa tasolta 0,00 - 0,30 m pH laski 6,4:stä 4,8:aan. Syvemmältä (0,70-1,00 m) otetuissa näytteissä pH laski Litorinamaalle tyypilliselle alueelle (alin havaittu arvo 3,6). Laboratoriokokeissa sulfidin hapettuminen sulfaateiksi kävi suhteellisen nopeasti, noin kahdessa kolmessa kuukaudessa. Todellisuudessa, esim. ruopauspenkereessä veden läpäisy ja partikkelien kulkeutuminen maakerrosten läpi vie paljon enemmän aikaa. Tällöin happamista maista on haittaa pitempään, arviolta 10-15 vuotta. Toisaalta myös happamoittava vaikutus jakautuu

pitemmälle aikajaksolle, mikä lieventää vaikutuksia. Oletettavasti maakerrosten happamoittavat vaikutukset ovat suurimmillaan tulva-aikoina, jolloin myös vastaanottavan vesistön virtaama on suurimmillaan.

Uuttuvan kokonaisrikin määrää on melko hankalaa arvioida. Erään tutkimuksen mukaan vastaavan tyyppisestä litorinamaasta on laskettu uuttuvan rikkiä 33 kg/ha vuodessa (Laaksonen, R. 1970, Kyrönjoki).

Hydrologisen yleiskatsauksen vuodelta 1979 mukaan vuosittainen sademäärä hehtaarille on n. 6×10^6 litraa Kokemäen Harjavallan asemalla mitattuna. Raumanjuopan pengerrysalueen valuma-alueeksi on tässä työssä arvioitu n. 630 hehtaaria. Valuntavesiä tältä alueelta kertyy n. $3,8 \cdot 10^9$ litraa vuodessa eli n. 120 l sekunnissa.

Kokemäenjoen järjestelyssä syntyvien penkereiden on arvioitu peittävän n. 48 hehtaarin alueen, jolloin penkereen harjan ja joenpuoleisen luiskan alle on arvioitu jäävän n. 16 hehtaarin alue ja penkereen loivan takaluiskan alle n. 32 hehtaaria. Penkereen harjakorkeus vaihtelee 1,0 - 2,5 metrin välillä. Erillisiä läjitysalueita imuruoppausta varten on varattu n. 32 hehtaarin verran.

Aiemmin todettiin vastaavan tyyppisistä litorinamaista uuttuvan vuosittain rikkiä n. 33 kg hehtaaria kohden. 40 hehtaarin pengerrys- ja 32 hehtaarin läjitysalueilta rikkiä uuttuu vuosittain n. 2 640 kiloa. Tämä rikkimäärä liukenee sulfaatteina valuntavesiin, joiden sulfaattipitoisuudeksi tulee $6,9 \cdot 10^{-6}$ mol/l.

Tällaisen liuoksen pH:ksi laboratoriossa mitattiin 5,2. Laimennosvetenä käytetyn Kokemäenjoen veden pH oli 6,6, joka vastasi Raumanjuopan pitkäaikaista keskiarvoa. pH Raumanjuopassa on vesitoimiston havaintoaineiston mukaan vaihdellut vuosina 1962 - 1977 välillä 5,70 - 7,40, keskiarvon ollessa 6,6. (Turun vesipiirin vesitoimisto)

Valumavedet ($0,12 \text{ m}^3/\text{s}$) laimenevat Raumanjuopan veteen. Kokemäenjoen keskivirtaama on ollut $206 \text{ m}^3/\text{s}$ vuosina 1931 - 1971 Harjavallassa mitattuna. Raumanjuopan keskivirtaamana tällä hetkellä on pidetty $23 \text{ m}^3/\text{s}$. Ruoppausten seurauksena virtauksen jakautumisesta Kokemäenjoen suiston juopiin on tehty seuraava arvio, (m^3/s).

Kokemäenjoki	Raumanjuopa	Huvilajuopa	Luotsinmäenjuopa
50	12	3	35
100	25	5	70
210	50	10	150
400	90	30	280

Näin ollen happamien valumavesien määrä ($0,12 \text{ m}^3/\text{s}$) jää joes-
sa häviävän pieneksi eikä pH:n laskua ole normaaliolosuh-
teissa odotettavissa.

Happamuudesta aiheutuvat haitat ovat todennäköisesti pahim-
millaan pitkän kuivan jakson jälkeen sattuvan runsaan sateen,
esim. paikallisen ukkossateen yhteydessä. Tällöin sulfaatte-
ja saattaa liueta huomattavasti enemmän kuin edellä on kes-
kimääräisistä pitoisuuksista laskettu.

Hydrologi Esko Kuusisto hydrologian toimistosta on selvittä-
nyt sademääriä ajan funktiona. Mittauksia on tehty mm. Turun
lentokentällä. Julkaisemattomista tuloksista voidaan todeta
seuraavaa:

Sademääriä on seurattu 120 minuutin jaksoissa. Tällöin sade-
määrät olivat

<u>sademäärä/mm/120 min</u>	<u>sateen todennäköisyys</u>
22	kerran 5 vuodessa
24	kerran 10 vuodessa
30	kerran 20 vuodessa
48	kerran 100 vuodessa

Jos teoretisoidaan sulfaatin liukenemista penkereistä niin, että lasketaan 30 mm:n hetkellisen sadekuuron huuhtovan kaiken vuodessa uuttuvan rikin, tällöin voidaan laskea penkereiltä valuvan veden sulfaattipitoisuudeksi n. $1,3 \cdot 10^{-4}$ mol/l ja pH:ksi 3,9.

Kokemäenjoen vesimäärään verrattuna happamien valumavesien osuus on näinkin laskien häviävän pieni, eikä haittavaikutuksia ole odotettavissa. Raumanjuopan pH:ta valumavedet saattaisivat pahimmillaan alentaa n. 0,7 pH-yksikön verran (alivirtaamalla laskettu) ja normaalivirtaaman aikaan n. 0,2 pH-yksikön verran.

Lammin kunnassa Evolla kesällä 1980 tehdyn pienen metsäjärven hapotuskokeen tuloksien perusteella on voitu sanoa, että 0,5-1,0 pH yksikön lasku ei aiheuttanut tutkimusjärven eliöyhteisölle kovin merkittäviä muutoksia. (Nesslingin Säätiö, M. Rask.)

Tulos, että pH-alenemat Raumanjuopassa ovat pahimmillaan 0,2-0,7 pH-yksikön luokkaa on saatu teoreettisesti laskemalla siten, että on ajateltu sekoittumisen ja kulkeutumisen noudattavan yksinkertaista vedenlaatumallia. Tämä perustuu oletukseen, että vesistöön johdettava kuormitus sekoittuu välittömästi ja täydellisesti koko vesimassaan.

Toinen äärimmäinen vaihtoehto on käsitellä happamia valunta-vesiä tulppana, joka kulkeutuu Raumanjuopan läpi sekoittumatta. Tällöin Raumanjuopassa saattaa syntyä tilanne, jolloin veden pH on 3,9 äkillisen sateen seurauksena. (Laskettu tiedoista sademäärä 30 mm/120 min; sateen todennäköisyys kerran 20 vuodessa).

Tällainen tilanne on vesibiologisilta vaikutuksiltaan pahin. Eliöille ei ole ollut aikaa adoptoitua muuttuneisiin olosuhteisiin.

Happamoitumisen on todettu aiheuttaneen sekä lajistoa että yksilölukumäärää koskevia muutoksia vesiekosysteemin kaikilla trofiatasoilla. Alhainen pH on jo sinänsä rajoittava tekijä useimmille organismeille. Korkeaan vetyionikonsentraatioon yhdistyy usein myös muita tekijöitä kuten veden kohonnut raskasmetallipitoisuus tai ravinnesuhteiden muuttaminen epäedullisemmiksi. Usein ei edes voida sanoa, onko happamuus primääri - vai sekundääritekijä tietyn eliöryhmän elinolojen heikkenemisessä.

Edellä todettiin useiden raskasmetallien liukenevan happamaan veteen. Vesitoimisto on aikaisemmin selvittänyt Kokemäenjoen suuosalta otettujen sedimenttinäytteiden raskasmetallipitoisuuksia (Häkkilä 1979). Tällöin todettiin mm., että alueen pintakerroksen elohopeapitoisuus ylitti luonnon-tilaiset arvot, joskin pääosassa ruopattavia massoja elohopeapitoisuus on luonnontasoa. Myös muiden raskasmetallien korkeimmat pitoisuudet esiintyvät sedimentin pintakerroksissa. Korkeimmat lyijy- ja kadmiumpitoisuudet ylittivät luonnonarvot n. 15-kertaisesti ja kuparipitoisuudet n. 7-kertaisesti. Sinkin ja kromin pitoisuudet ovat n. 3-kertaiset ja nikkelin n. 2-kertaiset luonnon pitoisuuksiin verrattuna.

Tutkittaessa eri happamuusasteisten vesien planktonpopulaatiota on havaittu, että pH-väli 5-6 on kriittinen useille levälajeille (Hörnström 1973). Levätesteillä on voitu osoittaa, että pH:n aleneminen inkuboi leväntuotantoa; pH-arvolla 4,0 tuotanto oli vain 4 % siitä, mitä se oli pH-arvolla 7,0.

Tärkeimmät hajottajat vesiekosysteemissä ovat bakteerit ja sienet. Bakteerien optimi-pH on yleensä lähellä neutraalia, ja hyvin hapan ympäristö inkuboi useita yleisiä bakteereja. Sienet kestävät alhaisempia pH-arvoja kuin bakteerit, (jopa pH-arvoja 2-3).

Vesihyönteisten pH-sieto vaihtelee runsaasti niiden eri kehitysvaiheissa. Yleensäkin kasviplanktonituotannon väheneminen heijastuu eläinplanktonin heikentyneenä ravinnonsaantina ja edelleen pohjaeläinten elinolojen heikentymisenä.

Happamuus voi vaikeuttaa kalojen lisääntymiseen kahdessa vaiheessa; naaraiden mätiminen epäonnistuu tai hedelmöitetty mätimuna kuolee joissain kehitysvaiheissa suolatasapainon säätelymekanismin häiriinnyttyä. Myös mäti voi vahingoittua alhaisen pH:n vaikutuksesta. Ns. kriittisellä happamuusrajalla tarkoitetaan sellaista pH-arvoa, jota happamassa vedessä kalalajin lisääntyminen estyy. Kriittinen pH-arvo särjelle, ahvenelle ja hauelle on n. 4,0-4,5 sekä useille lohikaloille 4,5-5,0. pH-arvot 5,0-6,0 ovat vaarattomia edellyttäen, ettei vedessä ole rautahydroksidina saastuvia rautasuoloja (Eifac 1968).

Raumanjuopan ruoppausmassoista on tarkoitus rakentaa uoman rannalle penkereitä, joiden loivaa takaliuskaa voidaan viljellä. Kasvifysiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että kasvien ravinnonotto on riippuvainen tietyistä kalkkipitoisuudesta ja happamuusasteesta, jonka optimi on n. pH 6 (Åberg 1954). Maan suuri happamuus yksistään ehkäisee lähinnä kalsiumin, kaliumin ja ammoniumin ottoa. Tutkimuksessa on edelleen todettu, että suuri kalkkipitoisuus sinänsä parantaa ravinteiden ottoa matalassakin pH:ssa. Hyvin happamissa maavesissä lisääntyy alumiinin ja mangaanin pitoisuus suuresti aiheuttaen jopa kasvien myrkyttymisen (Purokoski 1959).

Ennen kuin luonnontilaisista litorinamaista saadaan kelvollisia viljelymaita, on huolehdittava perusteellisesta kuivatuksesta ja kalkituksesta. Kuivatusta on tärkeää paitsi liikaveden pois johtamiseksi myös pohjaveden pinnan pitämiseksi riittävän alhalla, niin ettei pohjaveden rajassa hapettuvaa uutta sulfaattia ja muita haitallisia elektorolyyttejä pääsisi nousemaan viljeltävään pintakerrokseen saakka. Uudismaan ojituksen avulla kuivatun maakerroksen sulfaatiksi hapettuneen rikin pääosan huuhtoutuminen vie useita vuosia (5-10 vuotta). Samal-

la huuhtoutuu muitakin viljelylle haitallisia elektrolyyttejä kuten rautaa ja alumiinia. Nämä joutuvat luonnollisesti ojavesiin ja edelleen jokiveteen. Kuivattavan maan pH putoaa aluksi hyvin nopeasti, jopa arvoon 3-4, mutta kohoaa hitaasti huuhtoutumistapahtuman myötä.

Kasvifysiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että kasvien ravinnonotto on riippuvainen tietystä kalkkipitoisuudesta ja happamuusasteesta, jonka optimi on n. pH 6 (Åberg 1954). Maan suuri happamuus yksistään ehkäisee lähinnä kalsiumin, kaliumin ja ammoniumin ottoa. Tutimuksessa on edelleen todettu, että suuri kalkkipitoisuus sinänsä parantaa ravinteiden ottoa matalassakin pH:ssa. Hyvin happamissa maavesissä lisääntyy alumiinin ja mangaanin pitoisuus suuresti aiheuttaen jopa kasvien myrkyttymisen (Purokoski 1959).

Ruopattavan maan kalkituksella voidaan sitoa vapautuvat sulfaatit kalsiumsulfaateiksi, joka on niukkaliukoinen (liukoisuus 2 g/l) yhdiste. Kalkki edistää myös rikin hapestumista sulfaateiksi (Willander, L., Hallgren G. & Jonsson, E. 1950). Eräillä samantyyppisillä mailla kalkkijauhoa (CaCO_3) on lisätty jopa 40 tn hehtaarille (Vaasan vesipiirin vesitoimisto 1973). Tällöin pH saadaan kohoamaan korkeintaan arvoon 8,2. Suuret kalkkimäärät heikentävät kuitenkin ratkaisevasti maan fysikaalista rakennetta kipsin syntymisen vuoksi ja vaikeuttavat näin kasvien menestymistä. Koko huuhtoutuvan kerroksen sulfaattien sitominen kalkin avulla on käytännössä mahdotonta. Muokkauskerroksen kalkituksella ei tutkimuksen mukaan juuri ole vaikutusta kymmentä senttiä syvemmälle jankkoon.

Kokemäenjoen suuosan pengerrys- ja ruoppaushankkeeseen sisältyvänä selvityksenä Turun vesipiirin vesitoimisto tutki yhdeksäntoista maanäytettä, pyrkien selvittämään ruopattavan ja pengerrettävän maan mahdollisia happamoittavia vaikutuksia.

Turun vesipiirin vesitoimistossa määritettiin pH:ta ja sähkönjohtavuutta näytteistä jotka seisotettiin laboratoriossa 3 kk:n ajan ja kasteltiin säännöllisesti. Tällä koejärjestelyllä pyrittiin jäljittämään savissa aerobisissa olosuhteissa tapahtuvia muutoksia. Lisäksi määritettiin orgaanisen aineen määrä. Turun yliopiston maaperägeologian laitoksella osasta näytteitä tehtiin piilevä-analyysit, tarkoituksena selvittää saven kerrostumiskausi.

Fysikaalis-kemiallisten määritysten ja piileväanalyysien tulokset tukivat toisiaan.

Näytteet paaluilta 68+00, 48+00 ja 14+00 voitiin luokitella Litorina-saviksi, ja 50+00, 18+00, 10+00 ja 0+00 Ancylos-saviksi. Kuitenkin myös Ancylos-saviksi luokitelluista savista mitattiin alhaisia pH-arvoja.

Joen pohjasedimenttien lisäksi tutkittiin neljä maanäytettä suunnitellulta läjitysalueelta. Peltomaiden voitiin todeta olevan peräisin Litorina-kerrostuneisuuskaudesta.

Kun tutkittuja joen pohjan sedimenttejä - nostetaan penkereeksi, sulfaatteja tulee vapautumaan ja huuhtoutumaan sade ja tulvavesien mukana. Litorinakauden aikaiset savet ovat kokoonpuristuvia ja muodostavat todennäköisesti kovapintaisen penkeen, jossa menestyvät vain erityisen sopeutuvat kasvilajit.

Käsillä olevassa työssä ilmenevät pH-arvot ovat pitkälti teoreettisia, perustuen laskelmiin maan rikkipitoisuudesta, valuntavesien määrästä, valunta-alueista ja Kokemäenjoen virtauksista.

Normaaliolosuhteissa happamien valumavesien määrä jää laskelmien perusteella Kokemäenjoessa pieneksi, eikä pH:n laskua ole odotettavissa.

Happamuudesta aiheutuvat haitat ovat todennäköisesti pahimmillaan pitkän kuivan jakson jälkeen sattuvan runsaan sateen

yhteydessä. Teoretisoimalla tilanne siten, että 30 mm hetkellinen sadekuuro huuhtoo kaiken vuodessa uuttuvan rikin, päästään tuloksiin, että pH-alenemat Raumanjuopassa ovat 0,2-0,7 pH-yksikön luokkaa, jos sekoittuminen tapahtuu välittömästi ja täydellisesti koko vesimassaan. Voidaan sanoa, ettei tämän suuruisesta pH-yksikön laskusta tutkimuspaikan eliöyhteisölle ole kovin merkittäviä muutoksia.

Äärimmäinen vaihtoehto on käsitellä happamia valuntavesiä tulppana, joka kulkeutuu Raumanjuopan läpi sekoittumatta. Tällöin Raumanjuopassa saattaa syntyä tilanne, jolloin veden pH on 3,9 äkillisen sateen seurauksena. Tulokseen on päästy laskennallisesti erityisolosuhteissa, jolloin on ajateltu vuosittain uuttuvan rikin liukenevan 120 minuuttia kestävään 30 mm:n sademäärään. Tällaisen sateen todennäköisyys on kerran 20 vuodessa. Tällaisessa erikoistilanteessa saattaa Raumanjuopassa syntyä tilanne jolla on vaikutuksia vesibiologiaan.

Raumanjuopan ruoppausmassoista on tarkoitus rakentaa uoman rannalle penkereitä, joiden loivaa takaliuskaa voidaan viljellä. Ruopattavan maan kalkituksella voidaan sulfaatteja sitoa veteen niukkaliukoiseksi yhdisteiksi. Suuret kalkkimäärät saattavat kuitenkin heikentää maan fysikaalista rakennetta kipsin syntymisen vuoksi. Kasvien menestyminen ruoppausmassoista tehdyssä maassa saattaa olla vaikeaa.

K I R J A L L I S U U S

Antikainen, P.J. Epäorgaaninen kvalitatiivinen analyysi, WSOY 1971 Porvoo, s. 209

Eifac 1968. Water quality criteria for European freshwater fish. Report on extreme pH values and inland fisheries. - Eifac Techn. Paper 4.

- Häkkilä, K. 1979. Kokemäenjoen suuosan sedimenttien raskasmetalleista ja elohopean joutumisesta jokiveteen ruop-
pausten yhteydessä. Turun vesipiirin vesitoimisto.
- Hörnströnn, E. 1973. Försurningens inverkan på västkust-
sjöarfytoplankton. Rep, inst. Freshw. Drottningholnn
4. 97 p.
- Nesslingin säätiö: Julkaisemattomia tuloksia; 1980 M. Rask.
- Kuusisto, E. On the intensity of rainfall in Finland. Aqua
Fennica 10, 1980.
- Laaksonen, R. 1970. Vesistöjen veden laatu. Summary: Water
quality in the water systems Soil and hydrotechn.
inv 17:1-132.
- Lindroos, P. & Niemelä, J. 1969. Savitutkimuksia Helsingin
ja Hämeenlinnan välisellä alueella. Geologi n:o 7.
- Purokoski, P. 1956. Förekomst och föreningar av svavel i
gyttjaveva. Jord. pr. forsk. 38.
- Purokoski, P. 1958. Die schwefelhaltigen tonsedimente im dem
flachplantgebiete von Liminka im Lichte chemischer
Forschung. Selostus: Limingan tasankoalueen rikkipitoi-
set savisedimentit kemiallisen tutkimuksen valossa.
Agrogeol. julk. 70.
- Purokoski, P. 1959. Rannikkoseudun rikkipitoisista maista.
Agrogeol. julk. 74.
- Vaasan vesipiirin vesitoimisto 1973. Selvitys Kyrönjoen ja
sen edustan merialueen kalakuolemien syistä. 101 sivua,
17 liitettä, Vaasa.

Vesihallitus, vesientutkimuslaitos, hydrologian toimisto
1979. Hydrologinen yleiskatsaus 20 s.

Willander, L., Hallgren G. & Jonsson, E. 1950. Studies of
gyttja soils 111, Rate of sulfur oxidation. Kungl.
lantpr. hörsk. ann. 17.

Matti Räsänen
Turun yliopisto
Maaperägeologian osasto
20500 Turku 50

1980-02-10

Helmi Kotilainen
Turun Vesipiiri
Vesilaboratorio

SAVINÄYTTEIDEN PIILEVÄANALYYSIT

Savinäytteiden mahdollisen Litorina-syntyisen alkuperän selvittämiseksi savista rikastettiin piikkuoriset levät, joiden lajisuhteiden perusteella on savien alkuperä todettu.

Pisteellä "Pori Raumajuopa PNo 79+00" sisälsi näyttemateriaali tasolla -4.00 m seuraavan piilevälajiston (vain runsaimmat lajit ilmoitettu):

Thalassiosira baltica	74%
Epithemia turgida	9%
Grammatophora marina	7%

T. baltica on Litorinameren planktinen murtovesilaji ja sen esiintyminen näin runsaana osoittaa kiistatta kysymyksessä olevan Litorina saven. Tasolla -3.00 m Litorina alkuperää osoittaa yhtä selvästi *Coscinodiscus lacustris* v. *septentrionalis*, joka on myös planktinen murtovesilaji.

Pisteellä "Pori Raumajuopa PNo 48+00" on piilevälajisto tasolla -4.00 m seuraavanlainen:

<i>Synedra tabulata</i>	37%
<i>Achnanthes taeniata</i>	16%
<i>Coscinodiscus lacustris</i> v. <i>septentrionalis</i>	15%
<i>Thalassiosira baltica</i>	9%
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	4%

Kaikki runsaimmin esiintyvät lajit ovat suolaisen ja murtoveden lajeja osoittaen saven olevan Litorina savea. Tasossa -3.00 m valtalajina esiintyy jälleen *Coscinodiscus lacustris* v. *septentrionalis*.

Pisteellä "Pori Laiskaränni PNo 0+00" tasolla -3.00 m piilevälajiston lajisuhteet muodostuivat seuraavalaisiksi:

suolaisen veden muotoja	25%
makean-murtoveden muotoja	9%
makean veden muotoja	55%

Makean veden lajeista voidaan 75% lukea Ancylosaville tyypillisiin lajeihin.

Tasolla -2.00 m olivat piilevästön lajisuhteet seuraavanlaiset:

suolaisen veden muotoja	21%
makean-murtoveden muotoja	17%
makean veden muotoja	60%

Makean veden lajeista voidaan 33% lukea Ancylosaville tyypillisiin lajeihin.

Edellä olevan perusteella nähdään, että lajisto ei voi edustaa samaa ekologista ympäristöä. Sedimentissä on täytynyt tapahtua sekundääristä sekoittumista, mahdollisesti Kokemäenjoen laskuuoman aiheuttamien virtausten johdosta. Ancylos-lajiston runsaus tasolla -3.00 m (41% kokonaisyksilömäärästä) osoittaa, että savi on alkuperältään Ancylos savea mutta on saanut Litorina-aikana sekoittumisen kautta joukkoonsa suolaisen veden piilevälajistoa. Sekoittumisen voimakkuutta osoittaa myös tason -2.00 m lajisto, jossa Ancylos-lajisto käsittää enää 20% kokonaisyksilömäärästä. Tason -2.00 lajisuhteisiin on mahdollisesti myös Kokemäenjoen tuomalla makean veden lajistolla osuutensa.



Matti Räsänen

Kokemäenjoen järjestely Suosan pengerrys- ja ruoppaushanke

Kaivu- ja ruoppausmassojen
happamoittavista vaikutuksista

Näytteenottopisteet

- 6 — näytteenottopiste
- 40 — joen paalu
- perkaus
- penger
- läjitysallas

